

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 197 00 162 A 1

⑲ Aktenzeichen: 197 00 162.9  
⑳ Anmeldetag: 7. 1. 97  
㉑ Offenlegungstag: 16. 7. 98

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 02 B 5/32  
G 03 B 21/60  
G 03 H 1/02  
G 03 H 1/04  
G 09 F 9/00  
G 09 G 3/20  
// H04N 5/74,9/31,  
G09F 19/18

DE 197 00 162 A 1

⑦① Anmelder:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,  
DE; HSM Holographic Systems München GmbH,  
85652 Pliening, DE

⑦② Erfinder:

Gnädig, Klaus, Dr., 81247 München, DE; Dausmann,  
Günther, 85435 Erding, DE; Halldorsson,  
Thorsteinn, 81925 München, DE

⑤⑤ Entgegenhaltungen:

GB	28 87 554 A
WO	95 34 832
WO	90 13 062

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Bildschirm für Laseraufprojektion

⑤⑦ Bei einem holografischen Bildschirm für die Laseraufprojektion mindestens einer oder mehrerer Laserwellenlängen, der selektiv die einfallende, spektral schmalbandige Laserstrahlung in einen vorherbestimmten Raumwinkel zurückstreut und gleichzeitig das störende, spektral breitbandige Umgebungslicht stark absorbiert, wird vorgeschlagen, daß er mindestens ein holografisches Volumengitter aufweist, das an einen Lichtabsorber optisch gekoppelt ist.

DE 197 00 162 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung und Anwendung eines Bildschirms für Laseraufprojektion in einer oder mehreren Laserwellenlängen, der selektiv die einfallende, spektral schmalbandige Laserstrahlung in einen vorherbestimmten Raumwinkel zurückstreut, aber gleichzeitig das störende, spektral breitbandige Umgebungslicht stark absorbiert.

Kurz nachdem leistungsstarke Laser im sichtbaren Bereich des Spektrums in den sechziger Jahren verfügbar waren, erfolgten auch die ersten Versuche der Laser-Projektion von Bildern auf Wände und Bildschirme. Siehe dazu z. B. C.E.Baker, "Laser Display Technology", IEEE-Spectrum, Dec. 1968, p. 39-50. Auf der Weltausstellung 1970 in Osaka/Japan präsentierte die Firma Hitachi eine Laser-Farbfernsehproduktion auf einem Projektionsschirm mit Abmessungen von etwa 3 m x 4 m, wie z. B. in dem Artikel "Farbfernseh-Großprojektion mit Laser" in der Zeitschrift Funkschau, Heft 4, 1970 beschrieben.

Obwohl diese ersten Laserprojektionen von der Bildhelligkeit, Auflösung und Farbtreue bereits eine beachtliche Qualität erreichten, blieben der technische Aufwand und die Kosten sehr hoch, vor allem bedingt durch die verwendeten ineffizienten Argon- und Kryptonlaser mit einem Wirkungsgrad der elektrooptischen Wandlung unter 0,1%. Somit blieben Laserprojektionen auf einzelne Anwendungen, wie Lightshows, spezielle Großbilddarstellungen im militärischen Bereich oder bei der Flugsimulation in der Pilotenausbildung beschränkt.

In den letzten Jahren haben sich die technischen Voraussetzungen zur Realisierung von Laser-Displays erheblich verbessert, wie z. B. in dem Artikel von C. Deter, "Laser-Display-Technologie - wo stehen wir?" in der Zeitschrift "Physikalische Blätter", 52, (1996), Nr. 11, Seite 1129 dargestellt ist. Heute können wesentlich effizientere und kostengünstigere diodenangeregte Festkörperlaser oder Faserlaser bzw. in Zukunft auch Laserdioden mit einer elektrooptischen Effizienz von 10-30% für die Bildprojektion in den monochromatischen Laserfarben Rot, Grün, Blau (RGB) eingesetzt werden. Zum Bildaufbau durch Strahlabtastung ("Scannen") werden bald in der kostengünstigeren Siliziumtechnologie hergestellte Ablenkeinheiten zur Verfügung stehen.

Es ist zu erwarten, daß in den bereits eingeführten Projektionsverfahren, die nach dem Lichtventilprinzip analog der Diaprojektion arbeiten und modulierbare Flüssigkristall- bzw. Mikrospiegelmatriizen verwenden, künftig auch mehrfarbiges Laserlicht verwendet werden wird.

Ein Bild kann grundsätzlich auf zweierlei Weise am Bildschirm generiert werden, in Aufprojektion bzw. Rück- oder Durchprojektion. In dem ersten Fall wird das Bild auf die Fläche des Schirmes geworfen, auf der es auch betrachtet wird. Der Schirm sollte in diesem Fall möglichst stark das auffallende Licht zurückstreuen. In dem zweiten Fall wird das Bild auf die entgegengesetzte Seite des Schirmes projiziert. Der Schirm sollte dann möglichst gut das Licht durchlassen, aber gleichzeitig über einen größeren Winkel vorwärtsstreuen. Die Erfindung betrifft ausschließlich das erste Verfahren der Aufprojektion und Wiedergabe des rückgestreuten Lichtes und der Auslegung und Herstellung eines solchen Bildschirms für die Laserprojektion.

Einer der prinzipiellen Vorteile der Bildprojektion mit Lasern ist die hohe Leuchtdichte, die mit Lasern gegenüber anderen Quellen auch auf großen Projektionsschirmen erzeugt werden kann. Die photometrische Leuchtdichte ( $\text{cd/m}^2$ ) im sichtbaren Teil des Spektrums entspricht radiometrisch der Strahldichte einer lichtemittierenden Oberfläche, d. h. der in

den Raumwinkel von einer Flächeneinheit abgestrahlten Leistung ( $\text{W/sr m}^2$ ). Die Strahldichte herkömmlicher thermischer Strahlungsquellen, wie Glühlampen, Bogenlampen oder Gasentladungslampen hat eine physikalische Grenze, die alleine durch ihre Farbtemperatur, d. h. die farbüquivalente Temperatur des schwarzen Körpers gegeben ist. Eine Anhebung ihrer Strahldichte durch Erhöhung der Temperatur ist nur mit der gleichzeitigen Verschiebung der Farbe zu kürzeren Wellenlängen und der damit verbundenen Änderung der Farbvalenz (Blaustich) möglich. Da das Produkt aus Projektionswinkel und der Fläche der Bildaustrittsöffnung für jedes System fest sind, begrenzt es grundsätzlich den für die Projektion von thermischen Strahlern nutzbaren Lichtfluß.

Dieses Produkt, der Lichtleitwert des optischen Systems, ist bei Lasern sehr niedrig und ermöglicht eine sehr starke Bündelung ihrer Strahlung durch die Austrittsöffnung des Projektors. Durch die in Lasern verwendete spektral selektive Lichtverstärkung ist im Gegensatz zu den thermischen Strahlern bei entsprechend starker Anregung die Ausgangsleistung und damit auch die erzielbare Strahldichte in dem Nutzstrahl theoretisch unbegrenzt.

Da fast alle Farben des Farbdreiecks durch die Summation von schmalbandigen Laserlinien der RGB-Farben erreicht werden können, eignen sich Laser aufgrund der vorher erwähnten Vorteile besonders gut als Lichtquellen für Projektionssysteme. Dies gilt für die beiden bekannten Projektionsverfahren: sowohl für die einen, die das Bild durch punktwises Abtasten des Schirms ("Scannen") mit einem gebündelten und modulierten Strahl seriell generieren, als auch für die anderen, bei denen alle Bildpunkte in einer Bildmatrix gleichzeitig ausgeleuchtet und auf den Schirm projiziert werden.

Eine hohe Leuchtdichte des Bildes reicht jedoch nicht allein aus, um Bilder am Schirm mit hohem Kontrast und guter Farbqualität zu erzeugen, denn durch die Grundhelligkeit des Umgebungsraumes kann die Helligkeit des dunkelsten Punktes auf dem Schirm diesen Pegel nicht unterschreiten und die vom Auge wahrgenommene Farbe bildet sich aus der Summe der durch die Umgebung beeinflussten Grundfarbe des Schirmes und der momentanen Farbe der Projektion.

Der bei der Bildwiedergabe erreichbare Kontrast als Verhältnis aus maximaler und minimaler Leuchtdichte hängt damit von der Umgebungsbeleuchtung ab. In dunklen Räumen liefern gute Projektoren einen wahrgenommenen Kontrast von mehr als 200 : 1. Im praktischen Betrieb in hellen Räumen liegen die Werte etwa bei 40 : 1. Dies liegt an der Erhöhung des Schwarzwertes durch das Umgebungslicht und der Verzerrung der Graustufenabstufung des Auges bei höheren Leuchtdichten (Weber Fechnersches Gesetz). Die wahrgenommenen Farbvalenzen und Farbkontraste werden gleichzeitig durch das Umgebungslicht in ähnlicher Weise verändert.

Diese Probleme der Bildwiedergabe sind in der Fernseh-technik lange bekannt, siehe z. B. "Fernsehtechnik", Hüttig-Verlag, Heidelberg, 1988 und werden durch Bildröhren mit Grauglas, die das Umgebungslicht im Glas abschwächen, bzw. mit einer sogenannten "black matrix", die im Inneren der Bildröhre auf optisch ungenutzten Teilen der Bildröhre aufgetragen wird und das Umgebungslicht absorbiert, entschärft.

Eine Erhöhung der Leuchtdichte des Schirmes in der Aufprojektion von Kathodenstrahlröhren, Flüssigkristall- oder Mikrospiegelmatriizen wird durch Verwendung eines besonderen optischen Belages auf dem Schirm, der das Licht in einen engen Winkel zurückstreut und/oder durch konvexe Wölbung der Schirmoberfläche erzielt. Gleichzeitig wird

der Kontrast verbessert, denn das seitlich auf den Schirm fallende Umgebungslicht wird nicht mehr dem Betrachter zugeleitet.

Einzelne Versuche sind auch bekannt, Projektionen mit breitbandigen Licht auf spezielle holografische Schirme vorzunehmen, siehe z. B. R.L.Shie, C.W.Chan, J.M. Lerner, "Surface relief holography for use in display screens", SPIE, Vol. 2407, p. 177-184, wobei die Lichtstreuung eines Oberflächenreliefhologrammes zur Bildwiedergabe genutzt wird und die Streucharakteristik durch eine besondere Auslegung des Hologramms eingestellt wird.

Trotz dieser Maßnahmen ist es jedoch bis jetzt nicht gelungen, für die Helligkeit, den Kontrast und die Farbwiedergabe einer Aufprojektion in hellen Räumen die annähernd gleiche Qualität wie bei der direkten Darstellung auf dem Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre zu erreichen.

Dagegen steht das grundsätzliche Problem von Bildröhren: Ihr Volumen und ihr Gewicht. Große Bilder können deshalb nur aus aneinandergereihten Bildröhren aufgeteilt dargestellt werden, mit den bekannten Nachteilen störender Zwischenräume, ungleichmäßiger Helligkeit und unbalancierter Farben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, vorzugsweise für eine Laserprojektion einen Projektionsschirm anzugeben, der das spektral schmalbandige Laserlicht in einer oder mehreren Farben mit hohem Wirkungsgrad in einen definierten Raumwinkel zurückstretet, aber das breitbandige Umgebungslicht weitgehend absorbiert und somit die Nachteile bekannter Schirme vermeidet.

Durch diesen erfindungsgemäßen Projektionsschirm wird erstens erreicht, daß große Bilder auch bei normaler Umgebungsbeleuchtung in hellen Räumen bzw. Tageslicht sich gegen die helle Umgebung abheben. Zweitens wird der ursprünglich im Gerät verfügbare Kontrast auch über den Schirm dem Betrachter wiedergegeben. Drittens wird eine Farbverfälschung oder -verschiebung durch unerwünschte Aufsummierung der Bildfarben mit denen der Umgebung numeriert.

Diese Aufgabe wird im Sinne der Erfindung durch einen holografischen Bildschirm gelöst. Objekt dieses holografischen Bildschirms ist vorzugsweise ein angepaßter weißer Schirm, der vorzugsweise mit allen verwendeten Laser-Projektionswellenlängen in das Hologramm einbelichtet wird. Bei der Aufnahme wird dafür gesorgt, daß der Schirm mit dem Objektstrahl so ausgeleuchtet wird, daß seine Rückstreucharakteristik die gleiche ist, wie sie später in der Anwendung erwünscht ist. Als Referenzstrahl bei der holografischen Aufnahme dient dabei ein aufgeweiteter Strahlenbündel, das von einem entsprechenden Ort ausgeht, wie der spätere Projektionsstrahl. Zur Wiedergabe kann bei einem Hologramm entweder flächenhafter Strahl wie bei der Aufnahme oder, ein punktuell tastender (scannender) Strahl verwendet werden.

Um die benötigte Winkel- und Wellenlängenselektivität aufzuweisen muß der holografische Bildschirm die Eigenschaften eines Volumenhologramms besitzen. Dies wird vorzugsweise durch die Aufnahme eines Reflexionshologramms in eine oder mehrere "dicke" Aufnahmeschichten (ca. 5-30 µm) erreicht. Volumengitterstrukturen entstehen bei der Aufnahme und Verarbeitung des Hologramms als Abbild des Schirms unabhängig voneinander bei den verschiedenen verwendeten Wellenlängen. Unter der sogenannten Bragg-Interferenz-Bedingung der Gitterstruktur, die jedesmal nur für die eine Wellenlänge und einen Beleuchtungswinkel erfüllt ist, wird Licht zurückreflektiert und es erscheint bei Betrachtung des Hologramms ein helles Reflexionsbild des Schirmes mit seiner ursprünglichen Streucharakteristik. Dies wiederholt sich für andere diskrete

Wellenlängen mit deren zugeordneten Gitterstrukturen innerhalb der gleichen Schicht oder weiterer Schichten zu einem überlagerten Gesamtbild, was bei richtiger Farbabstimmung das Bild des ursprünglich weißen Schirms wiedergibt. Licht anderer Wellenlängen, sowie breitbandiges Licht wird wegen der fehlenden Übereinstimmung mit den Bragg-Bedingungen weitgehend ungeschwächt durchgelassen, wenn es nicht gerade aus der Richtung der Laserprojektion auffällt.

Wird das Hologramm auf eine schwarze Schicht in optischem Kontakt aufgezo-gen, erscheint der holografische Schirm unter flächenhafter Beleuchtung mit breitbandigem Umgebungslicht dunkel bzw. schwarz. Wird die Fläche des holografischen Schirms dagegen mit Laserstrahlen aus der richtigen Beleuchtungsrichtung, d. h. vom Ort des früheren festen Referenzstrahles abgetastet (gescannt), baut sich wieder das ursprüngliche Bild des Schirmes seriell auf. Werden die einzelnen Laserstrahlen noch mit Bilddaten moduliert, entsteht für den Betrachter in der holografischen Aufzeichnungsschicht das Bild, als würde es auf dem ursprünglichen Schirm erscheinen, nur mit den oben angegebenen erfindungsgemäßen Verbesserungen.

Auch bei Verwendung des Lichtventilprinzips zur Bildmodulation, d. h. der flächenhaften Beleuchtung und Projektion einer Bildmatrix, kann der so aufgenommene Schirm verwendet werden. Nur muß auch dafür gesorgt werden, daß bei der Aufnahme und Wiedergabe die gleichen Laserlinien verwendet werden und daß die Projektion vom gleichen Ort wie der Referenzstrahl ausgeht. Zur Sicherung einer guten Bildqualität muß dafür gesorgt werden, daß die Ausdehnung der Bildquelle vom Schirm aus gesehen näherungsweise einer Punktquelle entspricht, was bei den üblichen Projektionsabständen immer gegeben ist.

Die Herstellung eines erfindungsgemäßen holografischen Projektionsschirms ist oben beispielhaft beschrieben worden. Sie kann jedoch auf einer Vielzahl von verschiedenen Wegen und in unterschiedlichen Schritten erfolgen, die dem Fachmann bekannt und verständlich sind. Die Erfindung wird im folgenden anhand der in den Figuren teilweise schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 die Direktaufnahme eines Reflexionshologramms eines Projektionsschirmes nach dem bekannten Verfahren von Yu. N. Denisjuk,

Fig. 2 die Direktaufnahme eines Reflexionshologramms eines transparenten Schirmes analog dem Verfahren von Denisjuk, jedoch mit zusätzlichem Objektlicht,

Fig. 3 die Belichtung eines Transmissionsmasterhologramms eines Schirmes,

Fig. 4 die Belichtung eines Reflexionsmasterhologramms eines transparenten Schirmes,

Fig. 5 die Entstehung des virtuellen Bildes des Schirmes bei Beleuchtung des Reflexionsmasterhologramms aus Fig. 4 vom Referenzpunkt,

Fig. 6 die Rekonstruktion des reellen Schirmbildes vom Transmissionsmasterhologramm aus Fig. 3 mit dem konjugierten Referenzstrahl,

Fig. 7 die Belichtung des holografischen Projektionsschirms durch reelle Rekonstruktion des Transmissionsmasterhologramms,

Fig. 8 die Belichtung des holografischen Projektionsschirms durch reelle Rekonstruktion des Reflexionsmasterhologramms,

Fig. 9 das Kontaktkopieren des holografischen Projektionsschirms als bevorzugtes Serienproduktionsverfahren und

Fig. 10 den Querschnitt durch einen beispielhaften, fertigen holografischen Projektionsschirm mit drei holografischen Aufnahmeschichten für die Farben rot, grün und blau.

Fig. 1 zeigt die Aufnahme eines Reflexionshologramms eines Schirms in einem Schritt nach dem Verfahren von Denisyuk. Der Bildschirm (11), z. B. eine stark rückstreuende Streuscheibe, wird direkt auf das holografische Aufnahmematerial (12) gelegt und mit Laserlicht mit einem Divergenzpunkt (13), der dem in der späteren Anwendung verwendeten Projektionsaufpunkt entspricht, beleuchtet. Der direkte Strahl bildet den Referenzstrahl, das durch das holografische Material durchgehende, von dem Schirm zurückgestreute Laserlicht (14) bildet die Quelle der Streustrahlung und damit das Objektlicht. Die Bildebene bei diesem Aufnahmeverfahren liegt praktisch in der Ebene des Hologrammaterials. Bei der Projektion gilt das Gleiche.

Fig. 2 zeigt die Aufnahme eines holografischen Projektionsschirms ebenfalls in einem Schritt. Der Bildschirm (21) ist hier eine transparente Streuscheibe, die von hinten beleuchtet wird und die wiederum direkt auf das holografische Aufnahmematerial (22) gelegt wird. Durch die Beleuchtung (25) von hinten lassen sich das Objekt-Referenz-Verhältnis bei der Aufnahme, die Helligkeitsverteilung über den Schirm und geometrischen Parameter des Streulichts (24), wie Streuwinkel und Streukeule unabhängig zur Optimierung des holografischen Projektionsschirms einstellen.

Fig. 3 zeigt die Aufnahme eines Transmissionsmasterhologramms eines Projektionsschirms für ein zweistufiges Herstellungsverfahren. Der Schirm (31) wird hier beispielhaft von zwei Objektstrahlen (35) beleuchtet. Das Referenzlicht (33) trifft von der gleichen Seite auf die Hologrammplatte wie das Objektlicht als Streulicht (34) des Schirmes. Der Master kann entweder als eigenständiges Bildschirmhologramm oder als Vorlage für weitere Hologrammaufnahmen verwendet werden.

Fig. 4 zeigt die Aufnahme eines Masterhologramms eines transparenten Schirms (41) in Reflexionstechnik für ein analoges zweistufiges Herstellungsverfahren. Hier trifft das Referenzlicht (43) von der entgegengesetzten Seite auf die Hologrammplatte (42) wie das Objektlicht (44). Die Beleuchtung des Schirms (45) geschieht hier vorzugsweise von hinten, wobei sich z. B. Vorteile der bezüglich Lichtstärke der Anordnung ergeben und korrigierende Maßnahmen bezüglich der Streulichtverteilung leicht möglich sind.

Fig. 5 zeigt die Entstehung eines virtuellen Bildes (51) des Bildschirms durch einen gescannten Laserstrahl (53) am Beispiel des Reflexionsmasters, das hinter der Hologrammebene (52) entsteht. Ein Teil des rekonstruierten Lichts (54) fällt in das Auge (55) des Betrachters. Solche Schirmhologramme können gegebenenfalls auch direkt Verwendung finden, z. B. für Anwendungen im Nahfeld als Computerschirm auf dem Schreibtisch mit erweitertem Bildabstand zur Erleichterung der Augenakkommodation.

Fig. 6 zeigt die Rekonstruktion eines reellen Bildes des Schirms (61) am Beispiel eines Transmissionsmasters (62). Soll das reelle Bild (61) in Dimension und Lage dem Originalschirm entsprechen, muß dazu der zum Referenzstrahl bei der Aufnahme konjugierte Strahl (63) verwendet werden, aus dem das Masterhologramm das Rekonstruktionslicht (64) erzeugt.

Fig. 7 zeigt das "Umkopieren" des Transmissionsmasters in einen holografischen Projektionsschirm als Bildebenenhologramm des Originalschirms. Hierzu wird ein reelles Bild des Schirms (71) durch den zur Referenz konjugierten Rekonstruktionsstrahl (73) vom Transmissionsmasterhologramm (72) erzeugt und am Ort des reellen Bildes das holografische Aufnahmematerial (76) plaziert und zusätzlich mit einem Referenzstrahl (77) beleuchtet, der in seiner Geometrie der späteren Projektionsgeometrie entsprechen muß, wie bereits oben ausgeführt wurde.

In Fig. 8 ist der analoge Vorgang des Umkopierens bei

Verwendung eines Reflexionsmasters dargestellt. Hierzu wird wiederum ein reelles Bild des Schirms (81) durch den zum Referenzstrahl der Aufnahme konjugierten Rekonstruktionsstrahl (83) erzeugt und am Ort des Bildes das holografische Aufnahmematerial (86) plaziert und zusätzlich zu diesem Objektlicht mit einem Referenzstrahl (87) beaufschlagt, der wiederum in seiner Geometrie der späteren Reflexionsgeometrie entsprechen muß.

Eine bevorzugte, kostengünstige Methode zur Serienproduktion von holografischen Projektionsschirmen zeigt Fig. 9. Bei diesem Kontaktkopierverfahren wird ein sogenannter Kopiermaster (91) in Form eines fertig belichteten Hologramm-Schirms verwendet und unbelichtetes holografisches Aufnahmematerial (96) in unmittelbaren Kontakt zur holografischen Schicht (92) des Kopiermasters gebracht. Durch Laserbeleuchtung (93) mit der ungefähren Referenzgeometrie des Masters wird nun die Gitterstruktur in das Kopiermaterial übertragen und dadurch ein neuer holografischer Schirm erzeugt.

In Fig. 10 ist noch ein Querschnitt durch einen fertigen holografischen Projektionsschirm für den beispielhaften Fall dargestellt, daß drei Aufnahmeschichten für die drei Farben rot (101), grün (102) und blau (103) verwendet wurden. Der holografische Schirm ist vorzugsweise ein Sandwich aus einer transparenten Trägerschicht (104), z. B. aus Glas oder Acrylglas, die mit einer Vergütung (Entspiegelungsschicht) (105) versehen ist, mit den holografischen Schichten (101, 102, 103) und einer, gegebenenfalls durch eine brechzahlangepaßten Klebe- oder Zwischenschicht (106) optisch angekoppelten, lichtabsorbierenden Schicht (107). Es kann jedoch auch eine einzige holografische Schicht vorhanden sein, in der drei Gitterstrukturen für drei Farben niedergelegt sind, oder aber andere Schicht- und Farbkombinationen.

Als Aufnahmematerial für die "dicken" Hologramme kommen vorzugsweise Silberhalogenid-Material, Dichromat-Gelatine oder Photopolymer-Material in Frage. Es sind grundsätzlich alle Materialien geeignet, mit denen winkel- und wellenlängenselektive holografische Gitter mit den Eigenschaften von Volumengittern hergestellt werden können.

Die Herstellung der beugenden holografischen Gitterstrukturen für drei Grundfarben kann grundsätzlich mit drei Lasern in diesen Grundfarben durch gleichzeitige oder aufeinanderfolgende Belichtung in eine oder mehrere Aufzeichnungsschichten erfolgen, wenn die nachfolgende Weiterverarbeitung farbgetreu erfolgt, d. h. die Wiedergabewellenlänge der holografischen Gitter nach erfolgter Verarbeitung gleich der Aufnahmewellenlänge ist. Erfolgt bei der Verarbeitung jedoch eine Schrumpfung oder Schwellung der Schichten, so verschieben sich die Wiedergabewellenlängen. Dies kann, wie dem Fachmann bekannt, auch zur Erzeugung holografischer Gitterstrukturen für unterschiedliche Farben bei Belichtung mit nur einer Laserwellenlänge durch vorheriges oder nachfolgendes Schwellen oder Schrumpfen der Aufzeichnungsschichten ausgenutzt werden.

Der Ort des Referenz-Ausgangspunktes bei der Belichtung des holografischen Projektionsschirms richtet sich nach dem späteren erwünschten Aufstellungsort des Projektors. Für Großprojektionen in Wohnräumen und auch in größeren Räumen wäre die Anbringung des Projektors vorzugsweise an der Decke des Raums vorzusehen und eine Verbindung mit dem Laseremitter vorzugsweise über Lichtleitfasern vorzunehmen.

Projektions- bzw. Scanwinkel können je nach Anwendung unterschiedlich sein, z. B.  $30^\circ \times 30^\circ$  oder  $45^\circ \times 45^\circ$ . Unterschiedliche Winkel in Azimuth und Elevation können ebenfalls realisiert werden. Diese geometrischen Parameter

fließen in die Aufnahmegeometrie ein.

Die Schirmvorlage für die holografischen Aufnahmen braucht nicht plan zu sein. Es können gekrümmte Schirmoberflächen und für spezielle Projektionen beliebig dreidimensional geformte Flächen verwendet werden, wie z. B. die Oberflächen von Litfaßsäulen oder Gipsköpfen.

Durch den Einbau von optischen Zusatzelementen im Strahlengang des Referenz- oder Objektstrahls kann das holografische Bild des Schirms beeinflusst werden, z. B. in der Helligkeitsverteilung der Wiedergabe oder zur gezielten Korrektur von Bildfehlern, die z. B. durch das Scanverfahren auftreten können.

An die Stelle von interferenzoptisch aufgezeichneten Masterhologrammen können auch computergenerierte, bzw. von computergenerierten Hologrammen erzeugte Hologramme treten, in die rechnerisch eine bestimmte Streufunktion niedergelegt worden ist.

Es versteht sich, daß der holografische Schirm im Sinne der Erfindung für eine oder mehrere Laserlinien verwendet werden kann. Diese Laserlinien müssen nicht zwingend im sichtbaren Spektrum liegen, sondern bei Verwendung von geeigneten Aufnahmematerialien auch im UV- oder IR-Bereich, zur Aufnahme von Bildern mit technischen Sensoren wie Kameras, Photodetektoren oder Photodetektorarrays.

Weiterhin kann der Schirm im Sinne der Erfindung mit anderen schmalbandigen Lichtquellen verwendet werden, wie Lampen mit monochromatischer Linienemission und schmalbandigen Leuchtdioden.

#### Patentansprüche

1. Holografischer Bildschirm für die Laseraufprojektion mindestens einer oder mehrerer Laserwellenlängen, der selektiv die einfallende, spektral schmalbandige Laserstrahlung in einen vorherbestimmten Raumwinkel zurückstreut und gleichzeitig das störende, spektral breitbandige Umgebungslicht stark absorbiert, **dadurch gekennzeichnet**, daß er mindestens ein holografisches Volumengitter aufweist, das an einen Lichtabsorber optisch gekoppelt ist.
2. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er eine zusätzliche transparente Trägerschicht aufweist.
3. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-2, dadurch gekennzeichnet, daß er mindestens eine zusätzliche Vergütungsschicht (Entspiegelungsschicht) aufweist.
4. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß er drei holografische Volumengitter aufweist, die drei Grundfarben zugeordnet sind.
5. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß er die drei holografischen Volumengitter in einer Schicht enthält.
6. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß er die drei holografischen Volumengitter in drei holografischen Schichten aufweist, die jeweils einer der drei Grundfarben zugeordnet sind.
7. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß er andere Kombinationen von holografischen Schichten und zugeordneten Grundfarben aufweist.
8. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtabsorber eine schwarze Folie ist, die über eine Klebstoffschicht optisch angekoppelt ist.
9. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-7, da-

durch gekennzeichnet, daß der Lichtabsorber ein Schwarzglas ist.

10. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtabsorber ein Hohlraumabsorber ist.

11. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-10, dadurch gekennzeichnet, daß bei mindestens einem der Aufnahmeschritte durch optische Zusatzelemente im Strahlengang, Helligkeitsverteilung und Bildfehler korrigiert wurden.

12. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß Bilder durch serielles Punktabtasten (Scannen) eines modulierten Strahles auf dem Schirm erzeugt werden.

13. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß Bilder durch flächenhafte Projektion einer Bildmatrix auf den Schirm erzeugt werden.

14. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß das holografische Volumengitter direkt belichtet wird, wobei der reflektierende Schirm in direkten Kontakt zur holografischen Aufnahmeschicht gebracht wird.

15. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein transparenter Schirm und eine Zusatzbeleuchtung verwendet wird.

16. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Masterhologramm in einem zweistufigen Verfahren zur Herstellung des holografischen Bildschirms verwendet wird.

17. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 14-16, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einer der Aufnahmeschritte durch optische Zusatzelemente im Strahlengang, Helligkeitsverteilung und Bildfehler korrigiert werden.

18. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Element im Referenzstrahlengang eingebaut wird, das Bildfehler des Laserscanners kompensiert.

19. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Element im Referenzstrahlengang eingebaut wird, das Bildfehler bei flächenhafter Projektion einer Bildmatrix kompensiert.

20. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 14-19, dadurch gekennzeichnet, daß durch Mehrstrahlbeleuchtung des Schirms die Gesamtstreulichtverteilung des holografischer Bildschirms eingestellt wird.

21. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 14-20, dadurch gekennzeichnet, daß durch optische Zusatzelemente in der Schirmbeleuchtung die Gesamtstreulichtverteilung des holografischer Bildschirms eingestellt wird.

22. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß ein computergeneriertes Hologramm zur Herstellung des holografischer Bildschirms verwendet wird.

23. Verfahren zur Herstellung eines holografischer Bildschirms nach Anspruch 14-22, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kopiermaster zur Serienherstellung im Kontaktkopierverfahren verwendet wird.

24. Verfahren zur Herstellung eines holografischen  
Bildschirms nach Anspruch 1-23, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß anstatt von Laserquellen schmalbandige  
Leuchtdioden als Lichtquellen verwendet werden.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

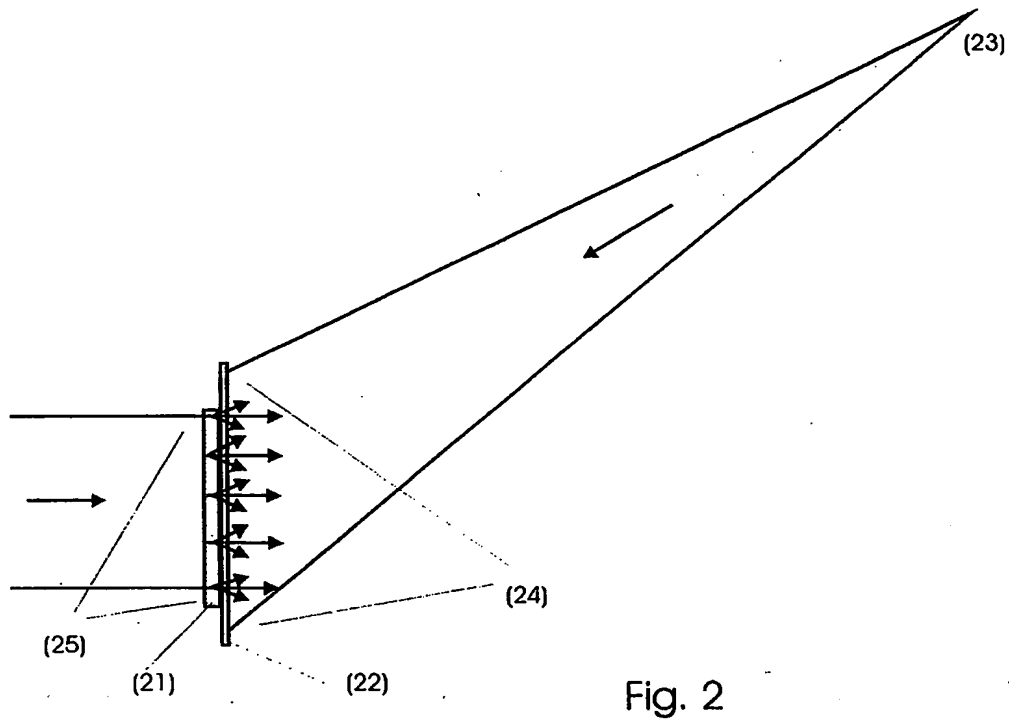
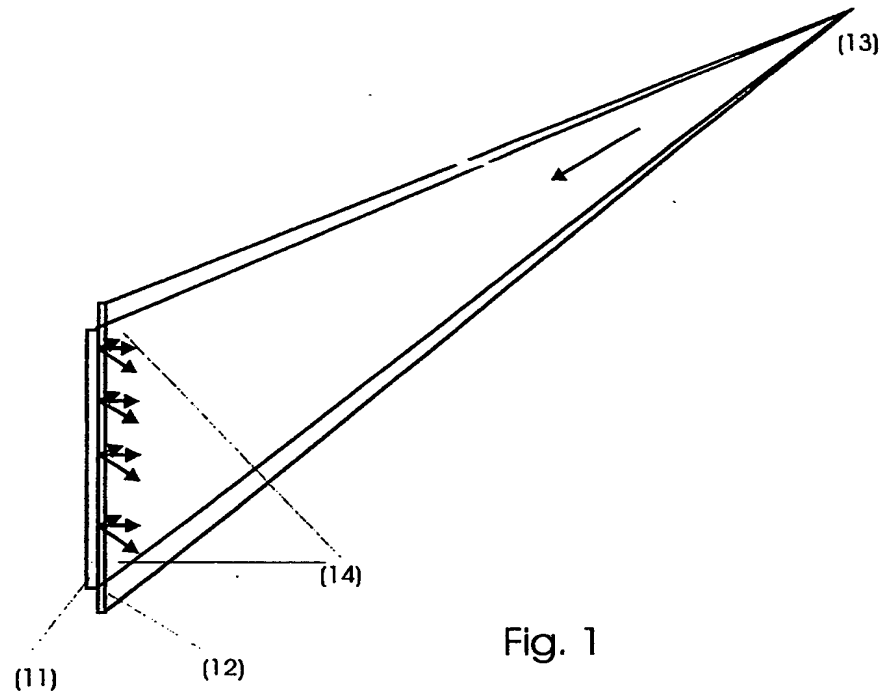
50

55

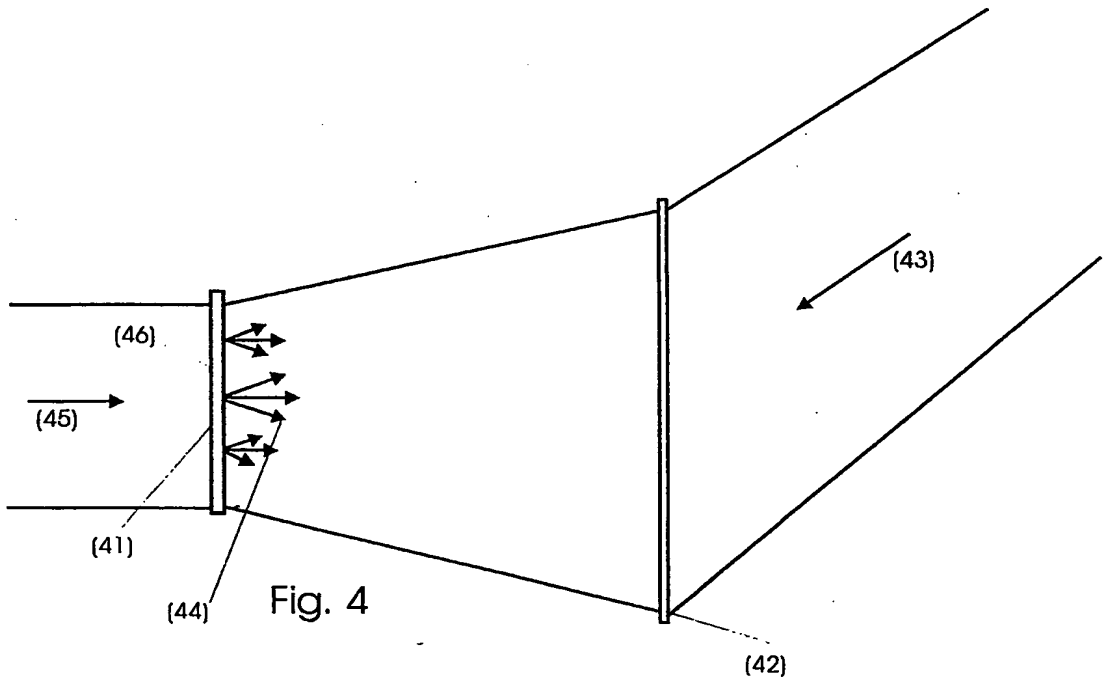
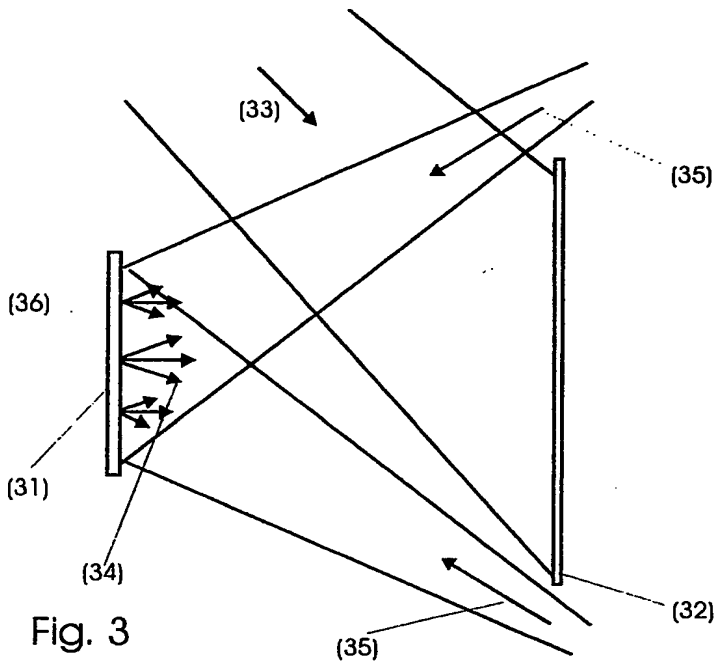
60

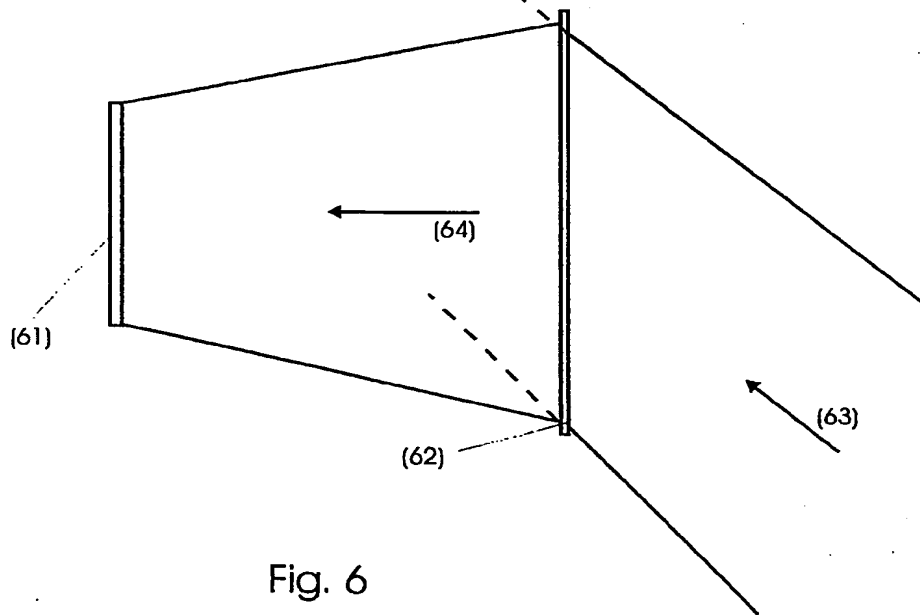
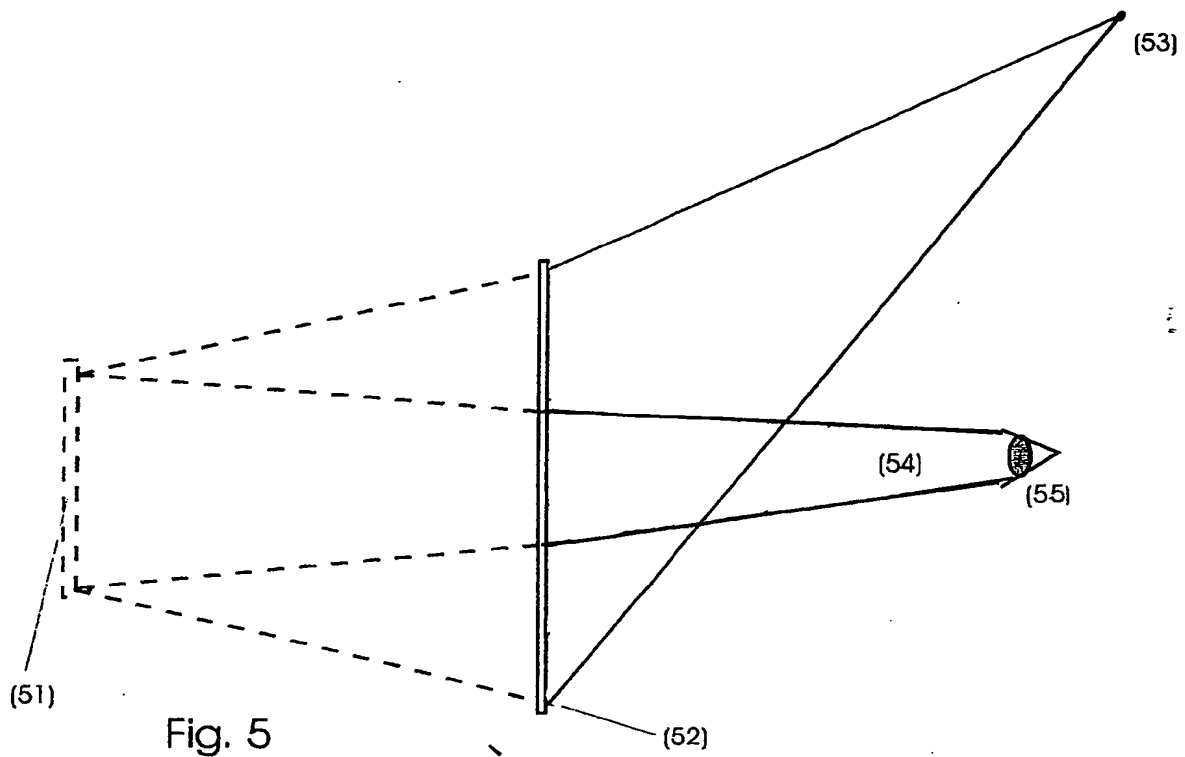
65

- Leerseite -









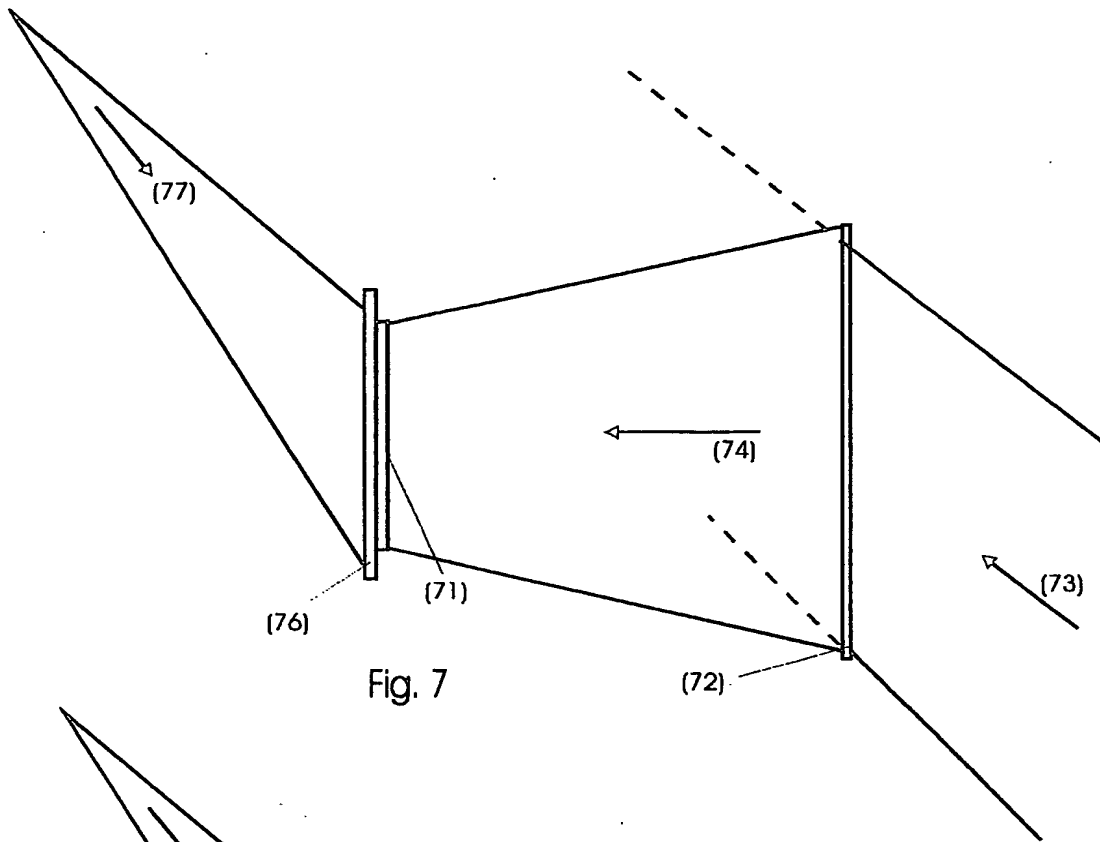


Fig. 7

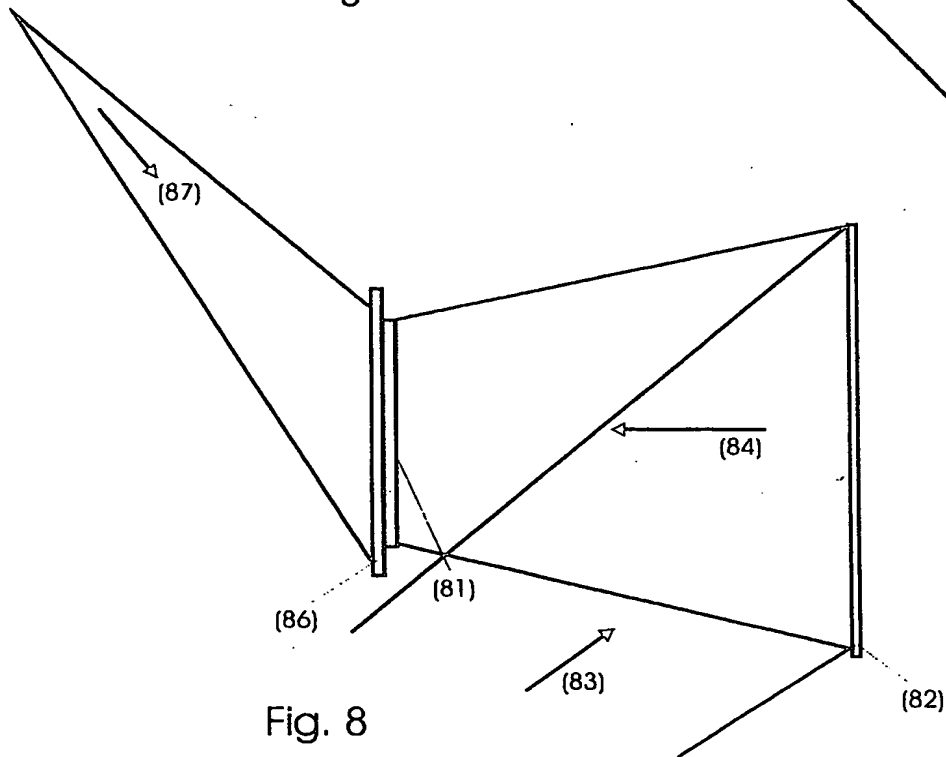


Fig. 8

